

## 장기간 고빈도 경피신경전기자극이 뇌졸중 환자의 하지 경직 및 균형에 미치는 영향

인태성<sup>1</sup>, 조휘영<sup>1</sup>, 이순현<sup>1</sup>, 이동엽<sup>2</sup>, 이재국<sup>3</sup>, 송창호<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>삼육대학교 물리치료학과, <sup>2</sup>선문대학교 물리치료학과, <sup>3</sup>선문대학교 응급구조학과

## The Long-Term Effects of High-Frequency Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation(TENS) on the Lower Limb Spasticity and the Balance in the Chronic Stroke Patients

Tae-Sung In<sup>1</sup>, Hwi-young Cho<sup>1</sup>, Sun-hyun Lee<sup>1</sup>, Dong-Yeop Lee<sup>2</sup>,  
Jae-Kuck Lee<sup>3</sup> and Chang-Ho Song<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, Sahmyook University

<sup>2</sup>Dept. of Physical Therapy, Sunmoon University

<sup>3</sup>Dept. of Emergence Care, Sunmoon University

**요약** 본 연구는 장기간의 고빈도 경피신경전기자극이 뇌졸중 환자의 하지 경직 및 균형 개선에 미치는 효과를 알아보고자 하였다. 하지에 경직이 유발된 26명의 대상자를 기본적인 재활을 수행하는 상태에서 무작위로 TENS군(14명)과 속임 TENS군(12명)으로 배정하였다. 경피신경전기자극은 4주간 주 5회, 1회당 30분씩 경직이 유발된 양측 비복근에 적용하였다. MAS와 도수근력계를 이용하여 발목 족저굴곡근의 경직을 측정하였다. 균형의 측정은 힘판을 이용하여 세 가지 자세(눈을 뜬 상태의 기립자세, 눈을 감은 상태의 기립자세, 불안정한 면에서 눈을 뜬 상태의 기립자세)에서 누적된 자세동요의 이동거리를 측정하였다. 4 주간의 치료 후 양측 군 모두 경직과 균형의 유의한 개선을 나타냈다( $p<.05$ ). 특히, TENS군은 속임 TENS군에 비하여 경직의 유의한 감소를 나타냈다( $p<.05$ ). 따라서 장기간 고빈도 경피신경전기자극은 뇌졸중 환자의 경직 감소와 균형 개선에 더욱 효과적인 중재 방법으로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

**Abstract** The purpose of this study was to investigate effects of the long-term high-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation(TENS) on the spasticity and the balance in chronic stroke patients. Twenty-six subjects with spasticity over lower limbs were allocated randomly into two groups under standard rehabilitation: (1) TENS group, (2) placebo-TENS group. TENS stimulation was applied on the both the gastrocnemius for 30 minutes, 5 days a week for 4 weeks(100 Hz, 0.25 ms, 2 times sensory threshold). The Modified Ashworth Scale(MAS) and Hand-held manual muscle tester were used to assess the ankle plantarflexor spasticity. Balance function under three conditions was measured by using force-plate and the amount of postural sway was assessed; in (1) the condition of standing with eyes opened, (2) with eyes closed and (3) the condition of standing on unstable surface with eyes opened. Both groups showed significant improvement in spasticity and balance function after treatment for 4 weeks( $p<.05$ ). Especially, TENS group showed a significant reduction of spasticity compared to placebo-TENS group( $p<.05$ ). These results suggested that additional stimulation of a long-term high-frequency TENS to standard rehabilitation induced an improved balance function and a spasticity reduction. The long-term application of high-frequency TENS will be an effective intervention for reducing spasticity and increasing balance ability in the chronic stroke patients.

**Key Words** : Spasticity, Postural balance, Stroke, Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation(TENS)

\*교신저자 : 송창호(chsong@syu.ac.kr)

접수일 11년 02월 22일

수정일 11년 03월 24일

재재확정일 11년 04월 07일

## 1. 서론

뇌졸중은 뇌의 순환장애로 인해 의식장애와 운동마비를 나타내며 뇌혈관 장애(cerebral vascular accident)라고도 불리는 질환으로서, 세계적으로 성인 사망의 주된 요인이 되는 질환이다[1]. 뇌졸중 환자의 대부분은 신체의 한쪽이 마비되는 편마비를 특징적으로 나타내며, 운동기능, 인지기능 및 지각기능의 소실로 인하여 균형 유지에 제한이 따르며 이로 인한 신체 비대칭성의 증가와 마비에 의한 비대칭적인 자세는 신체 균형을 감소시키고, 일상생활 동작의 회복의 지장 및 낙상의 주된 원인이 되고 있다[2-4].

뇌졸중 환자에서 흔히 동반되는 장애 중 경직(spasticity)은 환측 상지의 굴곡근과 하지의 신전근에 흔히 나타나며, 관절의 구축, 통증, 피부의 손상을 발생시키고 재활을 방해한다[5]. 경직의 원인은 아직까지 명확하지 않지만, 길항근 억제신경로의 작용이 감소하고[6], 상위 운동신경원 병변에 따라 알파나 감마 운동신경에 대한 억제 기능이 손실되어 발생한다[7]. 경직에 의한 근 긴장도와 수동적인 움직임에 대한 저항의 증가는 근육의 수의적인 움직임과 보행, 균형뿐만 아니라 언어 기능까지 문제를 초래하게 된다[8]. 따라서 상위운동신경 환자의 기능회복을 위해서 반드시 경직은 증재해야 한다.

현재 경직의 치료법으로 물리치료, 약물치료, 선택적 후근 절제술 등이 이용되지만 완전한 치료는 불가능한 실정이다[9]. 선택적 후근 절제술과 같은 수술적 방법은 운동 및 감각기능 소실이 동반되어 시술에 제한이 따르며, 약물치료의 경우 바클로펜, 모르핀 및 다이제팜, 단트롤렌과 같은 항경직제를 구강 및 척수강내로 주입하여 경직을 감소시킨다[9,10]. 하지만, 환자들 중 30% 정도만이 경직에 대한 적절한 약물중재를 받고 있으며, 이마저도 부작용 및 내성에 의하여 장기간의 적용에 제한이 따른다[11]. 따라서 현재 대체 및 보조적인 경직 증재 방법이 요구되고 있는 실정이다.

경피신경전기자극치료(transcutaneous electrical nerve stimulation; TENS)는 피부 내부에 위치한 기계수용 신경 섬유를 자극하여 통증을 감소시키는 비수술적 치료 방법으로 물리치료에서 일반적으로 사용된다. 하지만, 최근 정상인의 자세 균형 증진 및 만성 통증을 환자와 뇌성마비 환자의 보행 개선 등 다양한 효과가 대두되고 있다[12,13].

Chung 등(2010)은 척수손상 환자에서 고빈도 경피신경전기자극의 일시적 적용으로 경직 및 간헐성 경련 감소를 보고하였고[14], Ng 등(2007)은 만성 편마비 환자의 경혈점(acupoint)에 고빈도의 경피신경전기자극이 경직의

감소 및 보행속도의 증가를 보고하였다[11]. 반면, 다발성 경화증 환자에서 고빈도 경피신경전기자극의 적용은 경직에 유의한 효과를 나타내지 않았다[15]. 이와 같이 경피신경전기자극이 중추신경 손상에 의하여 유발된 경직에 미치는 효과는 불분명한 상황이며, 특히 뇌졸중 환자에서 경피신경전기자극의 항경직 효과에 대한 연구는 미흡한 상황이다. 또한, 정상인의 비복근에 감각역치하(sub-threshold) 경피신경전기자극의 적용은 자세동요를 효과적으로 개선하였고[8], 뇌졸중 및 뇌성마비 환자에게 고빈도 경피신경전기자극의 적용은 보행 기능을 유의하게 증가시켰다[12,13]. 조휘영 등(2010)은 일시적인 고빈도 경피신경전기자극이 뇌졸중 환자의 경직과 균형에 개선에 효과적이었다고 보고하였다[16]. 하지만, 뇌졸중 환자에게 장기적인 경피신경전기자극이 경직과 균형에 미치는 효과에 대한 연구는 전무한 상황이다.

따라서 본 연구는 장기적인 고빈도 경피신경전기자극 적용이 경직과 균형에 미치는 효과를 알아보고자한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구대상 및 방법

#### 2.1.1 연구대상

본 연구는 경기도에 위치한 D 재활병원에 입원한 뇌졸중 환자를 대상으로 하였다. 뇌졸중 유병기간이 6개월 이상 2년 미만이며, 연구자가 지시하는 내용을 이해하고 따를 수 있는 한국형 간이정신상태 판별검사(MMSE-K) 점수가 21점 이상인자로 30초 이상 선자세를 유지할 수 있고 독립적 보행이 가능한 사람을 선정하였다. 또한, 전형적인 편마비 이외에 관절 구축, 근골격계의 통증, 골절 및 의사소통에 제한이 있는 환자는 대상에서 제외하였다.

#### 2.1.2 실험방법

선정기준에 의해 선별된 28명을 대상으로 선정편견을 최소화하기 위해 TENS군과 속임 TENS군으로 각 14명씩 무작위 배정하였다.

TENS군은 경피신경전기자극을 양하지 비복근의 근복내외측에 주 5회 4주간, 회당 30분 적용하였고, 속임 TENS군은 전극만 붙인 채로 자극없이 TENS군과 동일하게 적용하였다. 경피신경전기자극을 적용하기 위해 2채널 TENS(TENS-7000, Koalaty Products Inc., USA)를 사용하였다. 주파수 100Hz, 맥폭은 200 $\mu$ s으로 고정하였고, 자극 전 각 대상자의 감각 역치를 측정하기 위해 0.01mA 부터 시작하여 대상자가 자극을 느끼는 감각 역치의 두

배 크기(amplitude)를 적용하였다[8].

4주후 건강상의 이유로 사후 검사를 받지 않은 속임 TENS군 2명이 탈락하여 최종 TENS군 14명과 속임 TENS군 12명이 사후검사를 받았다.

## 2.2 자료 수집과정 및 측정 도구

### 2.2.1 자세동요

자세동요를 측정하기 위해 힘판(PDM Multifunction Force Measuring Plate; Zebris, Germany)을 사용하였다. 32×47cm의 판에 1cm<sup>2</sup> 당 1개씩 총 1504개의 압력센서(force sensor)가 선 자세나 보행 시 발의 정적, 동적인 압력을 측정한다. 모든 센서는 각각 독립적으로 측정된다. 측정압력의 범위는 1~120N/cm<sup>2</sup>이고 정적표본압력추출 속도는 2~5Hz, 동적표본압력추출 속도는 약 90Hz이고 정확도는 ±5%이다.

대상자는 팔을 편안하게 내린 채 힘판 위에 서도록 하였으며 눈을 뜬 상태에서의 측정 시 3m 전방에 준비된 직경 15cm의 점을 주시하도록 하였고, 눈을 감은 상태에서의 측정 시 대상자의 안전을 위하여 보조자가 옆에 있었다. 발의 위치는 양쪽 내과사이가 8cm가 되도록 하였고, 발의 벌어진 각도는 10°를 유지하도록 하였다. 모든 대상자는 30초간 동요거리(cm)가 측정되었고, 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

### 2.2.2 경직지수(spastic score)

경직 지수를 평가하기 위해 도수근력계(Model 01163 Lafayette, USA)와 Modified Ashworth Scale(MAS)를 이용하여 발목의 수동적 배측 굴곡에 대한 저항량을 측정하였다. 똑바로 누운 자세에서 발의 중수지절관절에 대하여 수직으로 근력계의 손잡이를 잡은 채로 최대 관절 가동범위까지 수동으로 배측 굴곡을 했을 때 최대 저항량을 측정하였다.

MAS는 경직을 측정하는 주관적인 방법으로 타당도가 검증된 측정방법이다[17]. MAS는 최대 저측굴곡상태에서 통증이 없는 범위까지 저측굴곡근을 수동신장 하는 것으로 0, 1, 2, 3, 4, 5로 총 6단계로 이루어져 있고, 0은 정상이거나 매우 낮은 근긴장이며 5는 수동 신장이 불가능한 상태이다. 검사자는 환자를 바로 눕게 하여 한쪽 손으로 무릎이 구부러지지 않도록 종아리부분을 살짝 감싸고 반대쪽 손으로 발목을 배측굴곡 시켜 3회 반복하여 측정하였다. 측정 시 하지의 근긴장도를 높이지 않도록 환자에게 긴장을 풀도록 지시하여 능동적 수축으로 인한 변수를 제거시켰다.

## 2.3 자료분석 및 통계학적 분석

선정기준에 의해 선별된 28명을 대상으로 선정편견(selection bias)을 최소화하기 위해 TENS군과 속임 TENS군으로 무작위 배정하였다. 선정된 28명에게 임의의 번호를 부여하고 SPSS 프로그램의 무작위 표본 추출 방법을 이용하여 케이스 중 50%를 무작위로 추출하도록 하였으며 추출된 집단을 TENS군 나머지 집단을 속임 TENS군으로 하였다. 실험 전과 후 대상자는 눈을 뜬 상태, 눈을 감은 상태, 불안정한 지면에서 눈을 뜬 상태에서 자세 동요를 측정하였으며, 도수근력계와 MAS를 이용하여 경직을 측정하였다.

모든 통계적 분석은 SPSS 15.0을 이용하였다. Shapiro-Wilk 검정방법을 통해 변수들의 정규성 검정을 시행하였고, 집단간 차이는 독립표본 t검정을 사용하였으며 범주형 변수의 비교를 위해 Mann Whitney U test와  $\chi^2$ -검정을 사용하였다. 집단내의 비교는 대응표본 t검정과 Wilcoxon signed rank test를 실시하여 적용 전후를 비교하였고, 자료의 모든 통계적 유의수준( $\alpha$ )은 0.05 이하로 하였다.

## 3. 결과

### 3.1 연구대상자의 특성

본 연구의 대상자들의 일반적 특성은 표 1과 같다. TENS군과 속임 TENS군의 일반적 특성의 차이를 알아보기 위하여 독립표본 t-검정과  $\chi^2$ -검정을 실시한 결과 유의한 차이를 나타내지 않아 두 집단이 동질하였다.

[표 1] 연구 대상자의 특성

|         | TENS군<br>(n=14)           | 속임 TENS군<br>(n=12) | t/ $\chi^2$ | p    |
|---------|---------------------------|--------------------|-------------|------|
| 나이      | 53.07±11.64 <sup>a</sup>  | 52.17±9.20         | .588        | .564 |
| 성별(%)   | 남성 12(85.71) <sup>b</sup> | 8(66.67)           | 1.321       | .365 |
|         | 여성 2(14.29)               | 4(33.33)           |             |      |
| 손상부위(%) | 우측 6(42.86)               | 3(25.0)            | .910        | .429 |
|         | 좌측 8(57.14)               | 9(75.0)            |             |      |
| 유병기간    | 18.00±4.21                | 15.50±4.96         | .538        | .597 |

Note: a mean±S.D, b number(%)

**[표 2]** 경피신경전기자극에 의한 자세동요 이동거리 및 이동속도의 변화

| 자세동요 이동거리(cm)    | TENS군 (n=14) | 속임 TENS군 (n=12)          | t            | p     |       |
|------------------|--------------|--------------------------|--------------|-------|-------|
| 눈 뜬 상태           | 전            | 61.72±14.36 <sup>a</sup> | 68.40±10.26  | 1.216 | 0.239 |
|                  | 후            | 52.09±5.75               | 63.99±5.33   |       |       |
|                  | 전-후          | 9.62±12.57               | 4.41±9.82    | 1.050 | 0.307 |
|                  | t            | 21.688                   | 34.313       |       |       |
|                  | p            | 0.000                    | 0.000        |       |       |
| 눈 감은 상태          | 전            | 91.85±28.10              | 89.53±18.44  | 0.221 | 0.827 |
|                  | 후            | 65.83±9.91               | 80.70±9.40   |       |       |
|                  | 전-후          | 26.02±29.37              | 8.83±20.18   | 1.547 | 0.138 |
|                  | t            | 14.639                   | 24.749       |       |       |
|                  | p            | 0.000                    | 0.000        |       |       |
| 불안정한 지면에서 눈 뜬 상태 | 전            | 218.73±85.93             | 202.03±51.73 | 0.533 | 0.600 |
|                  | 후            | 156.66±42.75             | 182.62±34.18 |       |       |
|                  | 전-후          | 62.07±59.30              | 18.41±47.00  | 1.857 | 0.079 |
|                  | t            | 11.854                   | 19.527       |       |       |
|                  | p            | 0.000                    | 0.000        |       |       |

| 자세동요 이동속도(cm/s)  | TENS군 (n=14) | 속임 TENS군 (n=12) | t         | p     |       |
|------------------|--------------|-----------------|-----------|-------|-------|
| 눈 뜬 상태           | 전            | 2.06±0.48       | 2.28±0.34 | 1.216 | 0.239 |
|                  | 후            | 1.73±0.19       | 2.13±0.18 |       |       |
|                  | 전-후          | 0.32±0.42       | 0.14±0.33 | 1.050 | 0.307 |
|                  | t            | 2.540           | 1.422     |       |       |
|                  | p            | 0.029           | 0.189     |       |       |
| 눈 감은 상태          | 전            | 3.06±0.94       | 2.98±0.61 | 0.221 | 0.827 |
|                  | 후            | 2.19±0.33       | 2.69±0.31 |       |       |
|                  | 전-후          | 0.86±0.98       | 0.29±0.67 | 1.547 | 0.138 |
|                  | t            | 2.938           | 1.384     |       |       |
|                  | p            | 0.015           | 0.200     |       |       |
| 불안정한 지면에서 눈 뜬 상태 | 전            | 7.29±2.86       | 6.73±1.72 | 0.533 | 0.600 |
|                  | 후            | 5.22±1.42       | 6.12±1.14 |       |       |
|                  | 전-후          | 2.07±1.98       | 0.61±1.57 | 1.857 | 0.079 |
|                  | t            | 3.472           | 1.239     |       |       |
|                  | p            | 0.006           | 0.247     |       |       |

Note: Values are mean±S.D.

**3.2 경피신경전기자극이 균형에 미치는 효과**

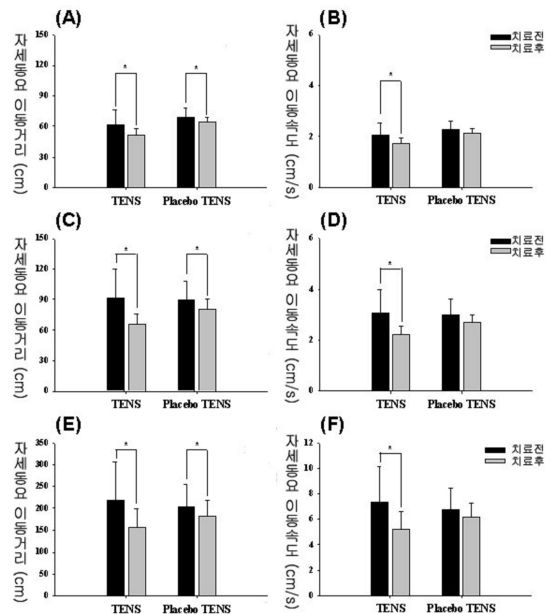
고빈도 경피신경전기자극에 의한 자세동요에 미치는 효과는 표 2, 그림 1과 같다.

눈을 뜬 상태에서 TENS군은 실험 전 자세동요 이동거리가 1.72±14.36cm에서 실험 후 52.09±5.75cm로 약 15.59% 유의하게 감소하였고(p<.05), 속임 TENS군은 실험

전 68.40±10.26cm에서 실험 후 63.99±5.33cm로 약 6.45%감소하였으며, 실험방법에 따른 두 군간의 차이는 유의하지 않았다. 자세동요 이동속도는 이동거리와 동일한 경향을 나타냈으나, 이동거리는 속임 TENS 군에서 중재 후 유의한 변화가 나타난 반면 이동속도는 유의한 차이가 나타나지 않았다(p<.05).

눈을 감은 상태에서는 TENS군이 실험 전 자세동요 이동거리가 91.85±28.10cm에서 실험 후 65.83±9.91cm으로 유의하게 약 28.33%감소하였고(p<.05), 속임 TENS군에서는 실험 전 89.53±18.44cm에서 실험 후 80.70±9.40cm으로 약 9.86% 감소하였다(p<.05). 자세동요 이동속도의 변화는 눈을 뜬 상태와 동일하게 TENS군에서만 유의한 차이를 나타냈다.

또한 불안정한 지면에서 눈을 뜬 상태에서의 자세동요 거리를 측정된 결과 TENS군은 실험 전218.73±85.99cm에서 실험 후 15.9%±42.75으로 약 28.38% 감소하였으며, 속임 TENS군은 실험 전202.03±51.79cm에서 실험 후 182.92±47.00cm 약 9.11%감소하였고 두 군 모두 통계적으로 유의한 감소를 나타내었으며(p<.05), 두 군간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 자세동요 이동속도는 다른 두 자세와 동일한 결과를 보였다.



\* p<.05

**[그림 1]** 경피신경전기자극이 자세동요 이동거리(A,C,E) 및 이동속도(B,D,F)에 미치는 효과. (A,B) 눈 뜬 상태. (C,D) 눈 감은 상태 (E,F) 불안정한 지면에서 눈 뜬 상태.

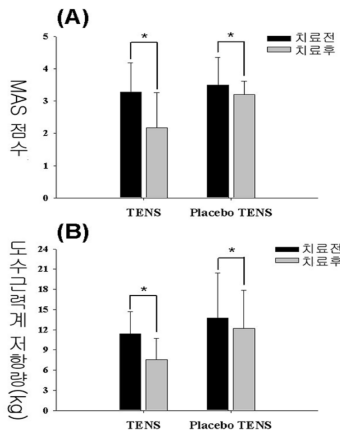
### 3.3 경피신경전기자극이 경직에 미치는 효과

경피신경전기자극의 적용이 경직에 미치는 효과는 표 3, 그림 2와 같다. 도수근력계를 통한 발목의 수동적 배측 굴곡에 대한 저항량이 TENS군은 실험 전 11.38kg에서 실험 후 7.55kg으로 약 33.65% 유의하게 감소하였으며( $p<.05$ ), 속임 TENS군에서는 실험 전 13.72 kg에서 실험 후 12.22kg으로 약 10.93% 감소하였다( $p<.05$ ). 또한 MAS에서는 TENS군이 실험 전 3.27점에서 실험 후 2.18점으로 약 66.66% 유의하게 감소하였고( $p<.05$ ), 속임 TENS군에서는 실험 전 3.50점에서 실험 후 3.20점으로 약 8.57% 유의하게 감소하였다( $p<.05$ ). 두 군간 실험 전후의 MAS와 도수근력계의 저항수치의 변화량을 비교한 결과 TENS군이 속임 TENS군에 비해 MAS와 도수근력계 저항수치의 변화량에 더 유의한 감소를 보였다( $p<.05$ ).

[표 3] 경피신경전기자극 적용에 의한 경직 지수의 변화

|             |     | TENS군      | 속임 TENS군   | z/t   | p     |
|-------------|-----|------------|------------|-------|-------|
|             |     | (n=14)     | (n=12)     |       |       |
| MAS<br>(점수) | 전   | 3.27±0.90  | 3.50±0.85  | 0.225 | 0.822 |
|             | 후   | 2.18±1.08  | 3.20±0.42  |       |       |
|             | 전-후 | 1.09±0.94  | 0.30±0.48  | 2.008 | 0.045 |
|             | z   | 3.097      | 3.992      |       |       |
|             | p   | 0.002      | 0.000      |       |       |
| 저항량<br>(kg) | 전   | 11.38±3.33 | 13.72±6.71 | 1.028 | 0.317 |
|             | 후   | 7.55±3.20  | 12.22±5.64 |       |       |
|             | 전-후 | 3.83±1.76  | 1.50±1.38  | 3.351 | 0.003 |
|             | t   | 9.254      | 8.321      |       |       |
|             | p   | 0.000      | 0.000      |       |       |

Note: Values are mean±S.D.



\*  $p<.05$

[그림 2] 경피신경전기자극이 하지 경직 변화에 미치는 영향. (A) MAS 점수. (B) 도수근력계의 저항량(kg).

## 4. 논의

본 연구는 장기간의 고빈도 경피신경전기자극이 뇌졸중 환자의 하지 경직 및 균형 개선에 효과적임을 증명하였다.

상원운동 신경손상에 의한 질환에 흔히 동반되는 경직은 뇌졸중 환자의 움직임과 사지 기능 제한에 주된 원인이 되는 질환으로[15,18,19], 뇌졸중 환자의 기능적 움직임과 삶의 질을 향상시키기 위해서 경직의 증제는 매우 중요하다.

척수손상[14], 다발성 경화증[20], 경직성 편마비[11,21,22] 등에서 경피신경전기자극의 항경직 효과가 보고되었다. 편마비를 대상으로 시행된 연구에서, Yan 등(2009)은 급성 뇌졸중 환자에게 100Hz의 고빈도 경피신경전기자극을 3주간 적용하여 약 30% 감소된 경직이 유발되었다고 보고하였다[22]. Barhtary 등(2008)은 만성 편마비 환자에게 고빈도 경피신경전기자극을 20회 적용하여 경직이 감소되었으며[21], Ng 등(2007)은 만성 편마비 환자에게 100Hz의 고빈도 경피신경전기자극을 4주간 적용하여 항경직 효과를 보고하였다[11]. 본 연구는 앞선 연구들과 동일한 100Hz의 고빈도 경피신경전기자극을 4주간 적용하여 속임 TENS군에 비해 경직이 유의하게 감소하였다.

기존의 연구들과 본 연구의 항경직 효과의 차이는 대상자, 경피신경전기자극 방법 및 경직 평가법의 차이로 사료된다. 경피신경전기자극은 전극의 크기와 모양, 파형의 유형, 빈도, 적용 시간, 적용 부위등과 같은 다양한 지표들에 의하여 효과가 다르게 나타나며[23], 이러한 다양한 지표들과 표준 치료 규례의 부재는 경피신경전기자극에 근거한 연구의 분석을 어렵게 만든다[24]. Ng 등(2007)과 Bakhtary 등(2008)은 본 연구와 비슷하게 만성 편마비 환자를 대상으로 약 20회의 100Hz 고빈도 경피신경전기자극을 적용하였고 각각 약 10%, 46%의 효과를 나타냈는데[11, 21], Ng 등(2007)은 the Composite Spasticity Score 측정법을 사용한 반면, Bakhtary(2008)와 본 연구는 MAS를 이용하여 측정하였고, 이러한 경직 측정 방법에 의하여 효과가 다르게 나타났을 것으로 사료된다. 또한, Bakhtary 등(2008)은 최대 수축이 유발된 강도보다 25% 강한 정도의 자극을 9분간 전경골근(tibialis anterior muscle)에 적용하였고, 본 연구는 Ng 등(2007)과 동일하게 감각역치의 2~3배 강한 전기 자극을 30분간 경직이 유발된 비복근에 적용하여 약 33~34%의 항경직 효과를 나타냈는데, 적용시간뿐만 아니라 강도, 적용 부위 등의 차이에 의하여 직접적인 적용시간 비교에 제한이 따른다. 따라서 추후 연구에서 자극 부위, 강도

에 따른 경피신경전기자극 효과에 대한 연구를 시행할 필요가 있다.

본 연구는 MAS와 도수근력계를 이용하여 경직을 측정하였다. 도수근력계는 근력측정에 사용되어지는 장비로서, Lamontagne 등(1998)에 의하여 척수손상 환자에서 근육긴장항진(hypertonia)을 측정하는데 사용되었다[25]. 본 연구에서 TENS에 의한 항경직 효과는 MAS에서 33%, 도수근력계에서 34%로 나타났고, 속임 TENS군에서 MAS는 9%, 도수근력계는 11%의 항경직 효과가 측정되었다. 두 측정 방법의 상관관계( $r=0.6$ ,  $p<0.05$ )를 통하여 도수근력계에 의한 경직의 측정은 타당한 방법으로 추정되며, 임상적으로 편마비 환자의 경직 측정에 도수근력계가 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

바클로펜과 모르핀은 경직 중재를 위하여 임상에서 많이 사용되는 약물로서 각각 GABA 수용체 작용제, 아편 유사작용제로[26, 13], 척수의 후각에서 신경흥분을 억제하여 반사를 억제한다[27]. 경피신경전기자극을 이용한 동물연구에 따르면, 쥐에게 고빈도 경피신경전기자극을 적용시 척수 후각에서 억제성 신경전달 물질인 GABA 분비가 증가되었고[28], 척수손상에 의하여 경직 및 아편 유사제 전구체인 내재성 디놀핀(dynorphine)의 발현이 감소된 쥐에게 TENS를 적용시 경직이 감소되었다[29].

이에 따르면 본 연구에서 고빈도 경피신경전기자극의 항경직 효과는, 척수 후각에서 억제성 신경전달물질인 내재성 GABA와 아편양제제의 분비를 증진하여 바클로펜과 모르핀과 같은 항경직 효과를 나타낸 것으로 추측된다. 특히 약물은 내성, 중독, 남용과 같은 제한점에 의하여 지속적인 사용에 제한이 따르지만, 본 연구에서는 4주간의 지속적인 적용에도 불구하고 내성과 같은 부작용이 나타나지 않았다. 내성의 비유발, 비침습적 치료법, 적용의 용이성 및 경제성을 통해서 경피신경전기자극은 항경직의 효율적인 보조방법으로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

장기간의 고빈도 경피신경전기자극은 뇌졸중 환자의 경직뿐만 아니라 균형도 효과적으로 개선하였다. 본 연구와 유사하게 Dickstein[8]은 정상성인을 대상으로 경피신경전기자극의 적용은 기립자세에서 자세동요를 확연하게 감소시켰다. 또한, Perennou 등(2001)은 뇌졸중 환자의 목근육에 고빈도 경피신경전기자극을 적용하여 앉은 자세의 불안정(postural instability)이 개선되었고[30], Ng 등(2010)도 편마비 환자에게 장기간의 경피신경전기자극 적용은 균형과 연관된 보행 기능을 향상시켰다[13]. 경피신경전기자극에 의한 균형의 개선은 하지 체성감각정보의 증가에 의한 것으로 추측된다. 기립자세의 조절과 유지에 연관이 되는 비복근에 적용된 경피신경전기자극은

기본적인 재활치료에 의해 주어지는 체성감각정보에 비하여 더욱 증가된 체성감각 자극을 주었을 것이다[31]. 하지의 체성감각은 신체의 균형 과 연관되며[32], 대뇌의 체성감각 피질은 운동 피질 영역과 연결되어 있으므로 체성감각 자극은 운동 기능에 영향을 미칠 수 있다[33]. 따라서 본 연구에서 양측 비복근에 적용된 경피신경전기자극은 하지에서 기인하는 체성감각 정보의 유입을 통하여 뇌의 감각 및 운동영역의 가소성 혹은 재구성을 통하여 균형을 향상 시켰을 것이다. 본 연구와 더불어 목에 주어진 경피신경전기자극이 앉은 자세의 균형을 증가시킨 연구[30]를 통하여 말초의 체성감각 중재는 효과적인 균형 증진방법이 될 수 있을 것으로 사료된다.

경직은 신체 비대칭 유발에 의하여 균형을 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 주동근과 길항근의 동시수축에 의하여 에너지 소모율이 증가됨으로써 운동기능을 방해한다[13, 15, 19]. 본 연구는 뇌졸중 환자의 경직이 유발된 비복근에 경피신경전기자극을 통하여 경직 감소를 유발하였다. 따라서 경피신경전기자극에 의한 경직의 완화는 비대칭 정렬의 개선, 사지 기능의 제한 경감, 그리고 효율적인 신체 에너지 사용을 통하여 균형을 더욱 효과적으로 개선하였을 것이다.

속임 TENS군은 MAS 측정에서 약 11%, 도수근력계를 측정에서 약 9%의 항경직 효과를 보였고, 균형측정에서도 눈을 뜬 상태에서 약 6%, 눈을 감은 상태에서 약 10%, 불안정한 지면에서 눈을 뜬 상태에서 약 9%의 균형 개선을 나타냈다. 본 연구에서 사용된 기본적인 재활 방법은 Bobath 개념에 근거하여 시행되었고, 마비측과 비마비측의 체중분산(weight distribution)이 대칭을 이루도록 하는 훈련 및 신체의 균형에 대한 훈련이 포함되어 있다[4]. 따라서 편마비 대상자에게 적용된 Bobath 개념의 기본적인 재활은 균형능력 환자의 균형 능력 향상에 효과적이며, 경피신경전기자극은 편마비 환자들을 대상으로 한 기본적인 재활의 효과적인 보조 방법으로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

Bakhtary 등(2008)은 뇌졸중 편마비 환자를 대상으로 Bobath 개념의 근거한 재활을 시행하여 MAS 점수 3에서 1.9로 약 36.67% 경직 개선 효과를 보고한 반면[21], 본 연구에서는 기본적인 재활만 적용 시 약 9%의 개선을 나타냈다. 이러한 효과의 차이는 치료 적용시간, 치료사, 대상자의 재활의지, 대상자의 외적 및 내적 환경에 의하여 차이가 나타난 것으로 사료된다. 하지만, 본 연구는 유병기간이 6개월 이상인 사람들을 대상으로 연구를 시행하여 만성 편마비 환자에 기본적인 재활 및 경피신경전기자극의 효과를 연구한 반면, Bakhtary 등(2008)은 대상자의 명확한 유병기간이 명시되어 있지 않았다. 따라서 대

상자의 명확한 구분의 제한으로 인하여 기본적인 재활의 항경직 효과에 대한 두 연구의 직접적인 비교에는 제한이 따르며, 추후 연구에서 이러한 효과에 대하여 연구해볼 필요가 있을 것으로 추측된다.

본 연구결과를 통해 뇌졸중 환자에게 장기간의 고빈도 경피신경전기자극 자극은 경직의 완화와 균형 개선에 효과적인 중재방법이 될 수 있음을 입증하였다. 경피신경전기자극은 다양한 치료 표준 규례(standard parameter)가 있으며 본 연구를 통하여 규례 확립에 유용한 자료가 될 수 있을 것으로 기대한다. 향후 연구에서는 경피신경전기자극의 치료 표준 규례 중 적용 시간 및 적용 부위 그리고 치료 효과 시간에 대한 검증 연구가 더욱 필요하다고 사료된다.

## 5. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 장기간 고빈도 경피신경전기자극자극이 하지의 경직과 균형에 미치는 효과를 알아보려고 하였다. 6개월 이상의 유병기간을 가진 26명의 뇌졸중 환자를 대상으로 선정하였고 TENS군 14명과 속임 TENS군 12명으로 무작위 배정하였다. 두군 모두에서 기본적인 재활치료를 시행하였고, TENS군은 전기자극을 양하지 비복근의 근복 내외측인 췌 5회, 4주간, 회당 30분 간 적용하였고, 속임 TENS군은 전극만 붙인 채로 전기적 자극없이 TENS군과 동일하게 적용하였다. 두군 모두 균형과 경직이 개선행하다. 특히 TENS군은 속임 TENS군인 비하여 하지의 경직이 유의하게 개선행하고, 균형은 유의하지는 않았지만 더욱 개선되었다( $p<.05$ ). 본 연구는 뇌졸중 환자에게 동반되는 경직과 균형 저하의 개선을 위하여 경피신경전기자극이 효과적인 중재 방법으로 사용될 수 있음을 입증하였다.

## 참고문헌

[1] Belgen, B., Beniato, M., Sullivan, P, E., & Nariewalla, K, "The association of balance capacity and falls self-efficacy with history of falling in community-dwelling people with chronic stroke", Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, vol 87(4), pp. 553-561, 2006.

[2] Fatone S, Hansen AH, "Effect of ankle-foot orthosis on roll-over shape in adults with hemiplegia", J Rehabil Res Dev, vol 44(1), pp. 11-20, 2007.

[3] Lamb SE, Ferrucci L, Volapto S, Fried LP, Guralnik JM; Women's Health and Aging Study, "Risk factors for falling in home-dwelling older women with stroke: the Women's Health and Aging Study", Stroke, vol, 34(2), pp. 494-501, 2003.

[4] Kollen BJ, Lennon S et al. "The effectiveness of the Bobath Concept in Stroke Rehabilitation. What is the Evidence?" Stroke, vol 40, pp. e89-e97, 2009.

[5] Welmer, A. K., Holmqvist, L. W., & Sommerfeld, D. K, "Hemiplegic limb synergies in stroke patients" Am J Phys Med Rehabil, vol 85(2), pp. 112-119, 2006.

[6] Lance, J. W, "The control of muscle tone, reflexes, and movement: Robert Wartenberg Lecture", Neurology, vol 30(12), pp. 1303-1313, 1980.

[7] McClelland, S., 3rd, Teng, Q., Benson, L. S., & Boulis, N. M, "Motor neuron inhibition-based gene therapy for spasticity", Am J Phys Med Rehabil, vol 86(5), pp. 412-421, 2007.

[8] Dickstein, R., Laufer, Y., &Katz, M, "TENS to the posterior aspect of the legs decreases postural sway during stance", Neurosci Lett, vol 393(1), pp. 51-55, 2006.

[9] Satkunam, L. E, "Rehabilitation medicine: 3. Management of adult spasticity", CMAJ, vol 169(11), pp. 1173-1179, 2003.

[10] Shakespeare, D. T., Boggild, M., & Young, C, "Anti-spasticity agents for multiple sclerosis", Cochrane Database Syst Revvo, vol(4), pp. CD001332, 2001.

[11] Ng, S. S., & Hui-Chan, C. W, "Transcutaneous electrical nerve stimulation combined with task-related training improves lower limb functions in subjects with chronic stroke", Stroke, vol 38(11), pp. 2953-2959, 2007.

[12] Alabdulwahab, S. S., & Al-Gabbani, M, "Transcutaneous electrical nerve stimulation of hip adductors improves gait parameters of children with spastic diplegic cerebral palsy", NeuroRehabilitation, vol 26(2), pp.

[13] Ng SS, Hui-Chan CW, "Does the use of TENS increase the effectiveness of exercise for improving walking after stroke? A randomized controlled clinical trial", Clin Rehabil, vol 23(12):pp. 1093-103, 2009.115-122, 2010.

[14] Chung BPH, Cheng BKK, "Immediate effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on spasticity in patients with spinal cord injury", Clinical Rehabilitation. vol 24(3), pp. 202-210, 2010.

[15] Miller, L., Mattison, P., Paul, L., & Wood, L, "The effects of transcutaneous electrical nerve stimulation

- (TENS) on spasticity in multiple sclerosis", *Mult Scler*, vol 13(4), pp. 527-533, 2007.
- [16] 조휘영, 인태성, 이순현, 이규창, 신원섭, 이용우, 송창호, "고빈도 경피신경전기자극이 편마비 환자의 하지 경직과 균형에 미치는 즉각적인 효과", *대한물리학회지*, 제(5권), 제(3호), pp. 487- 498, 2010.
- [17] Pizzi A, Carlucci G, Falsini C, Verdesca S, Grippo A, "Evaluation of upper-limb spasticity after stroke: A clinical and neurophysiologic study", *Arch Phys Med Rehabil*, vol, 86(3), pp. 410-5, 2005.
- [18] Katz RT, Rymer WZ, "Spastic hypertonia: mechanism and measurement", *Arch Phys Med Rehabil*, vol 70, pp. 144-55, 1989.
- [19] Knikou M, Schmit BD, Chaudhuri D, Kay E, Rymer WZ, "Soleus H-reflex excitability changes in response to sinusoidal hip stretches in the injured human spinal cord", *Neurosci Lett*, vol 9;423(1), pp. 18-23, 2007.
- [20] Armutlu, K., Meric, A., Kirdi, N., Yakut, E., & Karabudak, R, "The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on spasticity in multiple sclerosis patients: a pilot study", *Neurorehabil Neural Repair*, vol 17(2), pp. 79-82, 2003.
- [21] Bakhtary AH, Fatemy E, "Does electrical stimulation reduce spasticity after stroke? A randomized controlled study", *Clin Rehabil*, vol 22(5), pp. 418-25, 2008 May.
- [22] Yan T, Hui-Chan CW, "Transcutaneous electrical stimulation on acupuncture points improves muscle function in subjects after acute stroke: a randomized controlled trial", *J Rehabil Med*, vol, 41(5), pp. 312-6, 2009.
- [23] Sluka KA. "MEchanisms and Management of Pain for the Physical Therapist. Chapter 8: Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation and Interferential Therapy. Seattle, IASP Press. International Association for the Study of Pain. 2009.
- [24] Carroll D, Tramer M, McQuay H, et al, "Randomization is important in studies with pain outcomes: Systematic review of transcutaneous electrical nerve stimulation in acute postoperative pain, *British Journal of Anaesthesia*, vol 77(6), pp. 798-803, 1996.
- [25] Lamontagne, A., Malouin, F., Richards, C. L., & Dumas, F, "Evaluation of reflex- and nonreflex-induced muscle resistance to stretch in adults with spinal cord injury using hand-held and isokinetic dynamometry", *Phys Ther*, vol 78(9), pp. 964-975; discussion 976-968, 1998.
- [26] Lewis KS, Mueller WM. *Ann Pharmacother*, "Intrathecal baclofen for severe spasticity secondary to spinal cord injury, 1993 Jun; vol 27(6), pp. 767-74, 1993.
- [27] Kita M, Goodkin DE. "Drugs used to treat spasticity", *Drugs*, vol 59(3), pp. 487-95, 2000.
- [28] Maeda Y, Lisi TL, Vance CG, Sluka KA, "Release of GABA and activation of GABA(A) in the spinal cord mediates the effects of TENS in rats", *Brain Res*, vol, 1136(1), pp. 43-50, 2007.
- [29] Dong HW, Wang LH, Zhang M, Han JS, "Decreased dynorphin A (1-17) in the spinal cord of spastic rats after the compressive injury", *Brain Res Bull*, vol, 67(3), pp. 189-95, 2005.
- [30] Pérennou DA, Leblond C, Amblard B, Micallef JP, Hérisson C, Pélissier JY, "Transcutaneous electric nerve stimulation reduces neglect-related postural instability after stroke", *Arch Phys Med Rehabil*, vol 82(4) pp. 440-8, 2001.
- [31] Lord SR, Clark RD, Webster IW. "Physiological Factors Associated with Falls in an Elderly Population.", *Journal of the American Geriatrics Society*, vol 39(12), pp. 1194-1200, 1991.
- [32] Hatzitaki V, Pavlou M, Bronstein AM. "The integration of multiple proprioceptive information: effect of ankle tendon vibration on postural responses to platform tilt.", *Exp Brain Res*, vol 154(3), pp. 345-54, 2004.
- [33] Farkas T, Kis Z, Toldi J, et al. "Activation of the primary motor cortex by somatosensory stimulation in adult rats is mediated mainly by associational connections from the somatosensory cortex.", *Neuroscience*, vol 90(2), pp. 353-361, 1999.

인 태 성(Tae-Sung In)

[정회원]



- 2009년 2월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2010년 8월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 박사과정 재학중
- (현) 동국사랑병원 물리치료사

<관심분야>

신경계 물리치료, 임상운동학, 근골격계 물리치료



**조 휘 영(Hwi-young Cho)**

[정회원]



- 2008년 2월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2010년 8월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 박사과정 재학중
- (현) 고려대학교 의과대학 생리학교실 조교

<관심분야>

근골격계 물리치료, 신경계 물리치료, 통증학

**이 동 엽(Dong-Yeop Lee)**

[정회원]



- 2005년 2월 : 건양대학교 보건복지대학원(보건학 석사)
- 2008년 8월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 선문대학교 물리치료학과 조교수

<관심분야>

신경계 물리치료, 임상해부학, 임상운동학

**이 순 현(Sun-hyun Lee)**

[정회원]



- 2009년 2월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2010년 8월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 박사과정 재학중
- (현) 의정부 보람병원 물리치료사

<관심분야>

신경계 물리치료, 임상운동학, 근골격계 물리치료

**송 창 호(Chang-Ho Song)**

[정회원]



- 2000년 8월 : 경희대학교 체육대학원(체육학 석사)
- 2005년 2월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학박사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 삼육대학교 물리치료학과 조교수

<관심분야>

신경과학, 운동처방학, 전기치료학

**이 재 국(Jae-Kuck Lee)**

[정회원]



- 2009년 8월 : 인제대학교 보건대학원(보건학 박사)
- 2009년 9월 ~ 현재 : 선문대학교 응급구조학과 부교수

<관심분야>

보건학, 공중보건학